



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 12 201 A 1**

⑤ Int. Cl. 6:  
**G 02 B 26/08**  
G 02 B 26/12  
G 02 B 26/02  
G 02 B 7/182

⑳ Aktenzeichen: 197 12 201.9  
㉔ Anmeldetag: 24. 3. 97  
㉕ Offenlegungstag: 1. 10. 98

㉑ Anmelder:  
Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, 88662  
Überlingen, DE  
㉒ Vertreter:  
Weisse und Kollegen, 42555 Velbert

㉓ Erfinder:  
Büttner, Knut, 88662 Überlingen, DE; Bernard,  
Walter, Dr., 88718 Daisendorf, DE

㉔ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

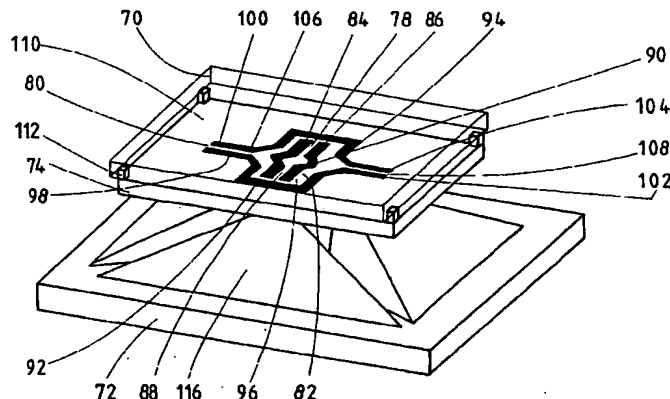
DE 43 38 390 A1  
DE 42 35 593 A1  
DE 42 29 507 A1  
US 54 69 302  
US 53 92 151  
US 5 55 294

Meyers Lexikon der Technik und der exakten  
Naturwissenschaften, Bibliographisches  
Institut, Mannheim, Wien, Zürich, 1970,  
S.1417;  
HORNBECK, L.J.: DLP (Digital Light Processing)  
für ein Display mit Mikrospiegel-Ablenkung.  
In: Fernseh- und Kino-Technik, 50.Jg.,  
Nr.10/1996, S.555-564;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉕ Mikromechanische Spiegel-Anordnung

㉖ Es werden verschiedene Ausführungen einer mikrome-  
chanischen Spiegel-Anordnung mit einem Raster von  
einzelnen auslenkbar gelagerten Spiegel-Elementen, die  
durch Ansteuer-Mittel nach Maßgabe von Ansteuer-Si-  
gnalen auslenkbar sind, beschrieben. Dabei ist jedes der  
Spiegel-Elemente (18; 42; 54; 70) über mikromechanische  
Lagerungs-Mittel um zwei zueinander gekreuzte  
Schwenkachsen schwenkbar gelagert. Die mikromecha-  
nischen Lagerungs-Mittel jedes der Spiegel-Elemente (18;  
42; 54; 70) sind im Bereich der Spiegel-Fläche des Spie-  
gel-Elements (18; 42; 54; 70) angeordnet. Die Spiegel-Ele-  
mente (18; 42; 54; 70) schließen in geringem Abstand an-  
einander an. Es wird auch ein Verfahren zur Her-  
stellung eines solchen Spiegel-Elements beschrieben.



DE 197 12 201 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine mikromechanische Spiegel-  
Anordnung mit einem Raster von einzeln auslenkbar gela-  
gerten Spiegel-Elementen, die durch Ansteuer-Mittel nach  
Maßgabe von Ansteuer-Signalen auslenkbar sind.

Durch die EP-B-0 469 293 ist eine mikromechanische  
Spiegel-Anordnung der eingangs genannten Art bekannt,  
bei der auf einer Basisschicht ein Torsionsgelenk an seinen  
gegenüberliegenden Ende abgestützt ist. In der Mitte des  
Torsions-Gelenks ist an diesem eine Stütze angeformt. Auf  
dieser Stütze sitzt ein Spiegel-Element. Das Spiegel-Ele-  
ment ist durch das Torsions-Gelenk um eine Achse  
schwenkbar gelagert. Die einzelnen Spiegel-Elemente sind  
durch elektrostatische Mittel einzeln zwischen einer Ruhe-  
stellung und eine Schwenkstellung um das Torsions-Gelenk  
verschwenkbar. Bei dieser Anordnung liegt das Torsions-  
Gelenk hinter dem Spiegel-Element in einer von der Ebene  
des Spiegel-Elements verschiedenen Ebene. Die einzelnen  
Spiegel-Elemente können dabei praktisch lückenlos anein-  
ander anschließen.

Eine solche mikromechanische Spiegel-Anordnung ver-  
mag ein Lichtbündel nur in einer vorgegebenen Ebene abzu-  
lenken.

Es sind weiterhin mikromechanische Spiegel-Anordnun-  
gen bekannt, bei denen die einzelnen Spiegel-Elemente um  
zwei zueinander senkrechte Achsen schwenkbar gelagert  
sind.

Bei einer bekannten Spiegel-Anordnung dieser Art ist je-  
des Spiegel-Element kardanisch gelagert. Zu diesem Zweck  
ist das Spiegel-Element von einem inneren Kardanrahmen  
umgeben und über ein Paar von fluchtenden Torsions-Gel-  
enken mit diesem inneren Kardanrahmen verbunden. Der  
innere Kardanrahmen ist wiederum über fluchtende Torsi-  
ons-Gelenke mit einem äußeren Kardanrahmen verbunden.  
Auf diese Weise ist das Spiegel-Element über die beiden  
durch die Torsions-Gelenke bestimmten, gekreuzten Karda-  
nachsen verschwenkbar. Die Kardanrahmen umgeben dabei  
das Spiegel-Element und liegen in der gleichen Ebene wie  
dieses. Bei einer so aufgebauten Spiegel-Anordnung erge-  
ben sich erhebliche Zwischenräume zwischen den einzelnen  
Spiegel-Elementen. Diese Zwischenräume bringen Licht-  
verluste.

Bei einer anderen bekannten Spiegel-Anordnung mit um  
zwei Achsen verschwenkbaren Spiegel-Elementen ist jedes  
Spiegel-Element in einem Rahmen über gegenüberliegende  
Federpaare gehalten. Jede Feder dieser Federpaare besteht  
aus u-förmigen oder mäanderförmigen Strukturen in der  
Ebene des Spiegel-Elements, die aus einer das Spiegel-Ele-  
ment und den Rahmen bildenden Schicht durch mikrome-  
chanische Verfahren herausgearbeitet sind. Auch hier erhe-  
ben sich Zwischenräume zwischen den Spiegel-Elementen.

Solche mikromechanischen Spiegel-Anordnungen mit  
großen Zwischenräumen zwischen den Spiegeln sind für  
viele Anwendungen nicht oder schlecht geeignet.

Ähnliche Anordnungen zeigt die EP-A-0 657 760.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Anwend-  
barkeit solcher mikromechanischer Spiegel-Anordnungen  
zu erweitern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Kombi-

- (a) jedes der Spiegel-Elemente über mikromechani-  
sche Lagerungs-Mittel um zwei zueinander gekreuzte  
Schwenkachsen schwenkbar gelagert ist,
- (b) die mikromechanischen Lagerungs-Mittel jedes  
der Spiegel-Elemente im Bereich der Spiegel-Fläche  
des Spiegel-Elements angeordnet ist und
- (c) die Spiegel-Elemente in geringem Abstand anein-  
ander anschließen.

Durch die erfindungsgemäße Kombination wird eine mi-  
kromechanische Spiegel-Anordnung geschaffen, bei wel-  
cher sich die Spiegel-Elemente praktisch lückenlos anein-  
ander anschließen. Dadurch ergeben sich geringe Lichtver-  
luste und eine gute Auflösung. Die Lagerungs-Mittel liegen  
hinter dem Spiegel-Element verborgen. Es hat sich gezeigt,  
daß die Lagerungs-Mittel so ausgebildet werden können,  
daß sie einerseits eine Schwenkbewegung des Spiegel-Ele-  
ments um zwei zueinander gekreuzte Achsen zulassen aber  
andererseits hinter dem Spiegel-Element untergebracht wer-  
den können. Es hat sich auch gezeigt, daß solche Lagerungs-  
Mittel und Spiegel-Elemente praktisch gefertigt werden  
können.

Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Un-  
teransprüche.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachste-  
hend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen  
näher erläutert.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer ersten Ausführung eines mikromechanischen Spiegel-  
Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 2** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer zweiten Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 3** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer dritten Ausführung eines mikromechanischen Spiegel-  
Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 4** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer vierten Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 5** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer fünften Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 6** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer sechsten Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 7** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer siebenten Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 8** ist eine schematisch-perspektivische Darstellung  
einer achten Ausführung eines mikromechanischen Spie-  
gel-Elements mit zugehöriger Lagerung.

**Fig. 9 bis 17** zeigt die verschiedenen Schritte bei der Her-  
stellung eines mikromechanischen Spiegel-Elements der in  
**Fig. 8** dargestellten Art.

#### Bevorzugte Ausführungen der Erfindung

In **Fig. 1** ist mit **10** ein plattenförmiger Träger oder ein  
Substrat bezeichnet. Auf dem Träger ist ein rechteckiger  
Kardanrahmen **12** über ein Paar von Biege-Gelenken **14** ab-  
gestützt. Von den Biege-Gelenken **14** ist in **Fig. 1** nur eines  
zu sehen. Die Biege-Gelenke erstrecken sich senkrecht zu  
der Oberfläche des Trägers. Die Biege-Gelenke sind mit den

Mitten der von vorn nach hinten in Fig. 1 sich erstreckenden Seiten des rechteckigen Kardanrahmens 12 verbunden. Die Biege-Gelenke 14 können sich nach vorn und hinten in Fig. 1 durchbiegen. Damit wird der Kardanrahmen 12 um eine in Fig. 1 von links nach rechts verlaufende Kardanachse verschwenkt.

An dem Kardanrahmen 12 sitzt ein zweites Paar von Biege-Gelenken 16. Von den Biege-Gelenken 16 ist in Fig. 1 nur das vordere zu sehen. Die Biege-Gelenke 16 erstrecken sich von dem Kardanrahmen 12 nach oben in Fig. 1, also von dem Träger weg. Die Biege-Gelenke 16 sitzen auf den Mitten der in Fig. 1 von links nach rechts sich erstreckenden Seiten des Kardanrahmens 12. Die Biege-Gelenke 16 können sich nach rechts und links in Fig. 1 verbiegen. Die Biege-Gelenke 16 tragen ein Spiegel-Element 18 (oder eine ihrerseits das Spiegel-Element tragende Trägerplatte). Das Spiegelement 18 wird dann um eine von vorn nach hinten in Fig. 1 verlaufende Achse im Uhrzeigersinn bzw. gegen den Uhrzeigersinn verschwenkt.

Das Spiegel-Element ist dadurch um zwei zueinander gekreuzte Achsen schwenkbar. Die gesamten Lagerungs-Mittel mit dem Kardanrahmen 12 und den Biege-Gelenken 14 und 16 sind generell mit 20 bezeichnet. Diese Lagerungs-Mittel 20 sind vollständig hinter dem Spiegel-Element 18 verborgen. Das Spiegel-Element 18 ist rechteckig. Der Kardanrahmen hat entsprechend rechteckige Gestalt. Die Biege-Gelenke 14 und 16 sitzen an den Rändern des Spiegel-Elements 18. Weitere gleich ausgebildete und gelagerte Spiegel-Elemente können unmittelbar angrenzend an das Spiegel-Element 18 angeordnet werden.

Unter dem Kardanrahmen sind auf dem Träger vier rechteckige Elektroden 22 angeordnet. Über diese Elektroden können die Spiegel-Elemente 18 angesteuert und durch elektrostatische Kräfte wahlweise um die beiden Achsen verschwenkt werden.

Die Ausführung nach Fig. 2 ist ähnlich aufgebaut wie die Ausführung nach Fig. 1. Entsprechende Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1.

Im Gegensatz zu Fig. 1 sind bei der Ausführung von Fig. 2 in den Quadranten zwischen den gekreuzten Schwenkachsen sind vorstehende Elektroden mit Schrägflächen angeordnet, die auf einer Pyramide 24 mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte des Spiegel-Elements 18 gehenden Pyramidenachse liegen.

In Fig. 3 ist mit 26 ein plattenförmiger Träger bezeichnet. Auf dem Träger 26 ist über zwei Biege-Gelenke 28 und 30 ein Kardanrahmen 32 abgestützt. Die Biege-Gelenke 28 und 30 sitzen links und rechts in Fig. 3 auf dem Träger 26. Die Biege-Gelenke 28 und 30 sind nach vorn und hinten in Fig. 3 auslenkbar. Bei dieser Auslenkung wird der Kardanrahmen 32 um eine in Fig. 3 von links nach rechts verlaufende erste Kardanachse verschwenkt. Der Kardanrahmen 32 ist von einem Kreuz aus zwei zueinander senkrechten Balken 34 und 36 gebildet. Die Biege-Gelenke 28 und 30 sitzen an den Enden des Balkens 34.

Von den Enden des in Fig. 3 von vorn nach hinten verlaufenden Balkens 36 ragen je ein Biege-Gelenk 38 und 40 nach oben in Fig. 3, also von dem Träger 26 weg. Die Biege-Gelenke 36 und 40 tragen ein rechteckiges Spiegel-Element 42. Die Biege-Gelenke sind mit dem rechteckigen Spiegel-Element 42 etwa in der Mitte der in Fig. 3 vorderen und hinteren Seiten des Spiegel-Elements 42 verbunden. Die Biege-Gelenke 36 und 40 sind nach rechts und links in Fig. 3 auslenkbar. Bei einer solchen Auslenkung wird das Spiegel-Element 42 gegenüber dem Kardanrahmen 32 um eine zu der ersten Kardanachse gekreuzte, in Fig. 3 von vorn nach hinten verlaufende zweite Kardanachse im Uhrzeigersinn bzw. gegen den Uhrzeigersinn in Fig. 3 verschwenkt.

Bei der Ausführung nach Fig. 3 sind auf dem Träger 36 zur elektrostatischen Ansteuerung des Spiegel-Elements 42 in den Quadranten zwischen den Kardanachsen vier plane Elektroden 44 angeordnet.

Die Ausführung von Fig. 4 entspricht weitgehend der Ausführung von Fig. 3. Entsprechende Teile sind in Fig. 4 mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 3.

Im Gegensatz zu Fig. 3 sind bei der Ausführung von Fig. 4 ähnlich wie bei der Ausführung von Fig. 2 in den Quadranten zwischen den gekreuzten Schwenkachsen vorstehende Elektroden 46, 48, 50 und 52 mit Schrägflächen angeordnet, die auf einer Pyramide mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte des Spiegel-Elements 42 gehenden Pyramidenachse liegen.

Bei der Ausführung nach Fig. 5 ist ein rechteckiges Spiegel-Element 54 über ein einziges, in mindestens zwei zueinander senkrechten Richtungen auslenkbares Biege-Gelenk 56 auf einem plattenförmigen Träger 58 abgestützt. Dadurch ist das Spiegel-Element 54 um mindestens zwei zueinander senkrechte Achsen schwenkbar. Zur elektrostatischen Ansteuerung des Spiegel-Elements 54 sind auf dem Träger 58 in den Quadranten zwischen den Achsen vier plane Elektroden 60 angeordnet.

Die Ausführung von Fig. 6 entspricht weitgehend der Ausführung von Fig. 5. Entsprechende Teile sind in Fig. 6 mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 5.

Im Gegensatz zu Fig. 5 sind bei der Ausführung von Fig. 6 ähnlich wie bei der Ausführung von Fig. 4 in den Quadranten zwischen den gekreuzten Schwenkachsen vorstehende Elektroden 62, 64, 66 und 68 mit Schrägflächen angeordnet, die auf einer Pyramide mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte des Spiegel-Elements 54 gehenden Pyramidenachse liegen.

Bei der Ausführung von Fig. 7 ist ein Spiegel-Element 70 über ein Kardanlager auf einem Träger 72 gelagert. Das Kardanlager ist dabei mit Torsions-Gelenken aufgebaut. Das Kardanlager ist dabei durch Schlitzte in einem Plattenkörper 74 erzeugt.

Von dem Träger 72 ragt eine Stütze 76 senkrecht nach oben in Fig. 7. Mit der Stütze 76 ist eine zentrale Fläche 78 des rechteckigen Plattenkörpers 74 verbunden. Beiderseits der zentralen Fläche 78 sind zwei diametral einander gegenüberliegende erste Paare von parallelen Schlitzten 80, 82 und 84, 86 gebildet. Die Paare 80, 82 und 84, 86 bilden zwischen den Schlitzten fluchtende Torsions-Gelenke 88 bzw. 90. Die Torsions-Gelenke 88 und 90 definieren eine erste Kardanachse.

Die ersten Paare von Schlitzten 80, 82 und 84, 86 sind von je einem u-förmigen Schlitz 92 bzw. 94 umschlossen. Diese u-förmigen Schlitzte 92 und 94 enden symmetrisch zu einer zu der ersten Kardanachse senkrechten Ebene im Abstand voneinander. Dabei bilden die Flächenteile des Plattenkörpers 74 innerhalb dieser u-förmigen Schlitzte 92 und 94 den Innenrahmen 96 des Kardanlagers.

An die Enden der u-förmigen Schlitzte 92 und 94 schließen sich diametral gegenüberliegende Paare von parallelen Schlitzten 98, 100 und 102, 104 an, die zwischen sich fluchtende Torsions-Gelenke 106 bzw. 108. Die Torsions-Gelenke 106 und 108 definieren eine zu der ersten Kardanachse senkrechte zweite Kardanachse. Dabei bilden die Flächenteile des rechteckigen Plattenkörpers 74 außerhalb der u-förmigen Schlitzte 92 und 94 den Außenrahmen 110 des Kardanlagers. Die Kardanachsen des so gebildeten Kardanlagers verlaufen parallel zu den Schmal- bzw. Längsseiten des rechteckigen Plattenkörpers 74 und durch dessen Mitte.

In den vier Ecken des rechteckigen Plattenkörpers 74 sitzen Abstandsstücke 112. Auf diesen Abstandsstücken 112 ist das Spiegel-Element 70 angeordnet. Das Spiegel-Ele-

ment 70 beeinträchtigt dadurch nicht die Funktion des Kardanlagers. Die Abmessungen des Plattenkörpers 74 entsprechen im wesentlichen denen des Spiegel-Elements 70.

Das Spiegel-Element 70 ist über das Kardanlager um zwei zueinander senkrechte Kardanachsen verschwenkbar. Zur elektrostatischen Ansteuerung des Spiegel-Elements 70 sind auf dem Träger 72 in den zwischen den Kardanachsen gebildeten Quadranten vier plane Elektroden 114 angeordnet. Die Elektroden 114 wirken mit dem Plattenkörper 4 zusammen.

Die Ausführung von Fig. 8 entspricht weitgehend der Ausführung von Fig. 7. Entsprechende Teile sind in Fig. 8 mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 7.

Im Gegensatz zu Fig. 7 sind bei der Ausführung von Fig. 8 ähnlich wie bei den Ausführungen von Fig. 4 und Fig. 6 in den Quadranten zwischen den gekreuzten Schwenkachsen vorstehende Elektroden 116 mit Schrägflächen angeordnet, die auf einer Pyramide mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte des Spiegel-Elements 70 gehenden Pyramidenachse liegen.

Die Fig. 9 bis 17 veranschaulichen die Herstellung eines Spiegelementes nach Fig. 8 mit seinen Lagerungs-Mitteln und den Elektroden für die Ansteuerung. Die Herstellung kann mit oberflächen-mikromechanischen Verfahren erfolgen, beispielsweise mit einer modifizierten CMOS-Technik oder mit einer Galvanik-Technik.

Fig. 9 zeigt den Träger 72. Auf den Träger 72 wird zunächst eine Startschicht 120 aufgebracht. Die Startschicht 120 enthält eine Fläche 122 für die Stütze 76 und Flächen 124 für die Elektroden 116.

Der nächste Verfahrensschritt gemäß Fig. 10 besteht in der Erzeugung der Stütze 76 auf der Fläche 122 der Startschicht 120. Danach werden auf den Flächenteilen 124 der Startschicht 120 die pyramidenförmigen Elektroden 116 aufgebracht. Das ist in Fig. 10 dargestellt.

Der nächste Verfahrensschritt, der in Fig. 12 dargestellt ist, besteht im Aufbringen einer ersten "Opferschicht" 126, d. h. einer Schicht, die später wieder entfernt wird. Die Opferschicht 126 erstreckt sich bis zu der Stirnfläche der Stütze 76. Die Opferschicht 126 wird zusammen mit der Stirnfläche der Stütze 76 planarisiert.

Auf die so gebildete planarisierte Oberfläche der Opferschicht 126 und der Stütze 76 wird eine Schicht 128 aufgebracht, welche den Plattenkörper 74 mit den das Kardanlager erzeugenden Schlitzten bildet. Das ist in Fig. 13 dargestellt.

Auf dieser Schicht werden in einem nächsten, in Fig. 14 dargestellten Verfahrensschritt die Abstandsstücke 112 erzeugt. Im nächsten Verfahrensschritt, der in Fig. 15 dargestellt ist, wird auf die Schicht 128 eine zweite Opferschicht 130 aufgebracht. Die zweite Opferschicht 130 erstreckt sich bis zu den Stirnflächen der Abstandsstücke 112. Die zweite Opferschicht 130 und die Stirnflächen der Abstandsstücke 112 werden wieder planarisiert. Auf der so planarisierten Oberfläche wird dann das Spiegel-Element 70 erzeugt.

Schließlich werden die Opferschichten 126 und 130 entfernt. Das ist in Fig. 17 dargestellt. Damit ergibt sich die Struktur von Fig. 8.

Die Strukturen der anderen Figuren können auf ähnliche Weise hergestellt werden.

Durch die beschriebenen Maßnahmen und Strukturen wird eine mikromechanische Spiegel-Anordnung erhalten, bei welcher die einzelnen Spiegel-Elemente einerseits unmittelbar aneinander anschließend angeordnet werden können und andererseits um zwei zueinander senkrechte Achsen kippbar sind. Dadurch können die Strahlen eines auf die Spiegel-Anordnung fallenden Lichtbündels wahlweise mehr als zwei Richtungen abgelenkt werden.

Statt rechteckiger Spiegelemente können auch polygonale, insbesondere dreieckige oder hexagonale Spiegelemente vorgesehen sein.

#### Patentansprüche

1. Mikromechanische Spiegel-Anordnung mit einem Raster von einzeln auslenkbar gelagerten Spiegel-Elementen, die durch Ansteuer-Mittel nach Maßgabe von Ansteuersignalen auslenkbar sind, **gekennzeichnet durch** die Kombination der Merkmale, daß

- (a) jedes der Spiegel-Elemente (18; 42; 54; 70) über mikromechanische Lagerungs-Mittel um zwei zueinander gekreuzte Schwenkachsen schwenkbar gelagert ist,
- (b) die mikromechanischen Lagerungs-Mittel jedes der Spiegel-Elemente (18; 42; 54; 70) im Bereich der Spiegel-Fläche des Spiegel-Elements (18; 42; 54; 70) angeordnet ist und
- (c) die Spiegel-Elemente (18; 42; 54; 70) in geringem Abstand aneinander anschließen.

2. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) die Lagerungs-Mittel (20) einen hinter dem Spiegel-Element (18) angeordneten Kardanrahmen (12) aufweisen,
- (b) der Kardanrahmen (12) über ein erstes Paar von gegenüberliegenden Biege-Gelenken (16) in einer ersten Ebene mit dem Spiegel-Element (18) verbunden ist, so daß das Spiegel-Element (18) relativ zu dem Kardanrahmen (12) um eine in der ersten Ebene liegende Achse kippbar ist, und
- (c) der Kardanrahmen (12) über ein zweites Paar von gegenüberliegenden Biege-Gelenken (14) in einer zu der ersten Ebene senkrechten Ebene mit einem Träger (10) verbunden ist, so daß der Kardanrahmen (12) relativ zu dem Träger (10) um eine in der zweiten Ebene liegende, zu der ersten Achse gekreuzte Achse kippbar ist.

3. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) das Spiegel-Element (18) rechteckig ist,
- (b) der Kardanrahmen (12) ein rechteckiger Rahmen ist, dessen Rahmenseiten unterhalb und längs der Seiten des Spiegel-Elements (18) verlaufen, und
- (c) die Biege-Gelenke (16) des ersten Paares in den Mitten eines ersten Paares gegenüberliegender Rahmenseiten sitzt, und
- (d) die Biege-Gelenke (14) des zweiten Paares in den Mitten des zweiten Paares gegenüberliegender Rahmenseiten sitzt.

4. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) das Spiegel-Element (42) rechteckig ist,
- (b) der Kardanrahmen (32) von zwei zueinander senkrechten Balken (34, 36) gebildet ist, die unterhalb des Spiegel-Elements (42) in den Symmetrieebenen des Spiegel-Elements (42) liegen,
- (c) die Biege-Gelenke (38, 40) des ersten Paares an den Enden eines ersten Balkens (36) vorgesehen sind und
- (d) die Biege-Gelenke (28, 30) des zweiten Paares an den Enden des zweiten Balkens (34) angeordnet sind.

5. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mikromechanischen Lagerungs-Mittel von einem einzigen, in

zwei zueinander senkrechten Richtungen auslenkbaren Biege-Gelenk (56) gebildet sind, das sich zentral zwischen dem Spiegel-Element (54) und dem Träger (58) erstreckt.

6. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) die mikromechanischen Lagerungs-Mittel ein zweiachsiges Kardanlager mit einem Außenrahmen (110) und einen Innenrahmen (96) umfassen, das durch Schlitze in einem Plattenkörper (74) gebildet ist,

(b) das Spiegel-Element (70) an dem Außenrahmen (110) vorgesehen ist und

(b) der Innenrahmen (96) dieses Kardanlagers um eine erste Kardanachse schwenkbar an einer zentralen, mit einem Träger (72) verbundenen Stütze (76) gelagert ist.

7. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) die Schlitze in dem Plattenkörper (74) zu beiden Seiten einer zentralen, mit der Stütze (76) verbundenen Fläche (78) zwei diametral gegenüberliegende erste Paare von parallelen Schlitzen (80, 82; 84, 86) umfassen, die zwischen sich fluchtende, die erste Kardanachse definierende Torsions-Gelenke (88; 90) bilden,

(b) die ersten Paare von Schlitzen (80, 82; 84, 86) von je einem u-förmigen Schlitz (92, 94) umschlossen sind und diese u-förmigen Schlitze (92, 94) symmetrisch zu einer zu der ersten Kardanachse senkrechten Ebene im Abstand voneinander enden, wobei die Flächenteile des Plattenkörpers (74) innerhalb dieser u-förmigen Schlitze (92, 94) den Innenrahmen (96) des Kardanlagers bilden,

(c) an die Enden der u-förmigen Schlitze (92, 94) Paare von diametral gegenüberliegenden, parallelen Schlitzen (98, 100; 102, 104) anschließen, die zwischen sich fluchtende, eine zu der ersten Kardanachse senkrechte zweite Kardanachse definierende Torsions-Gelenke (106, 108) bilden, wobei die Flächenteile außerhalb der u-förmigen Schlitze (92, 94) den Außenrahmen (110) des Kardanlagers bilden.

8. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel-Elemente (70) rechteckig sind und die Kardanachsen parallel zu den Kanten der Spiegel-Elemente (70) verlaufen.

9. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenkörper von dem Spiegel-Element selbst gebildet ist.

10. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Plattenkörper (74) ein gesondertes Spiegel-Element (70) im Abstand von der Oberfläche des Plattenkörpers (74) aufgebracht ist.

11. Mikromechanische Spiegel-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur elektrostatischen Ansteuerung des Spiegel-Elements (18; 42; 54; 70) in den Quadranten zwischen den gekreuzten Schwenkachsen vorstehende Elektroden (46, 48; 50, 52; 62, 64, 66, 68) mit Schrägflächen angeordnet sind, die auf einer Pyramide mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte des Spiegel-Elements (18; 42; 54; 70) gehenden Pyramidenachse liegen.

12. Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Spiegel-Anordnung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

(a) Erzeugung einer Startschicht (120) für Elektroden und Stütze auf einem Substrat (72),

(b) Erzeugen der Stütze (76) auf der dafür vorgesehenen Fläche (122) der Startschicht (120),

(c) Erzeugen von Elektroden (116) auf den dafür vorgesehenen Flächen (124) der Startschicht (120),

(d) Aufbringen und Planarisieren einer ersten Opferschicht (126) auf die so erzeugte Struktur,

(e) Erzeugen der Trägerplatte (74) mit den Schlitzen in Form einer auf die planarisierte Opferschicht (126) aufgetragenen Schicht (128) und

(f) Entfernen der Opferschicht (126).

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) nach dem Erzeugen der Trägerplatte (74) auf der Trägerplatte (74) Abstandshalter (112) erzeugt werden,

(b) auf die Trägerplatte (74) eine die Abstandshalter (112) einschließende zweite Opferschicht (130) aufgebracht und planarisiert wird,

(c) auf die planarisierte zweite Opferschicht (130) eine das Spiegel-Element (70) bildende Spiegelplatte aufgebracht wird und

(d) die zweite Opferschicht (130) mit der ersten Opferschicht (126) entfernt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (116) in vier Quadranten um die Stütze (76) herum als vorstehende Strukturen mit Schrägflächen hergestellt werden, die auf einer Pyramide mit rechteckiger Grundfläche und einer durch die Mitte der Stütze (76) gehenden Pyramidenachse liegen.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

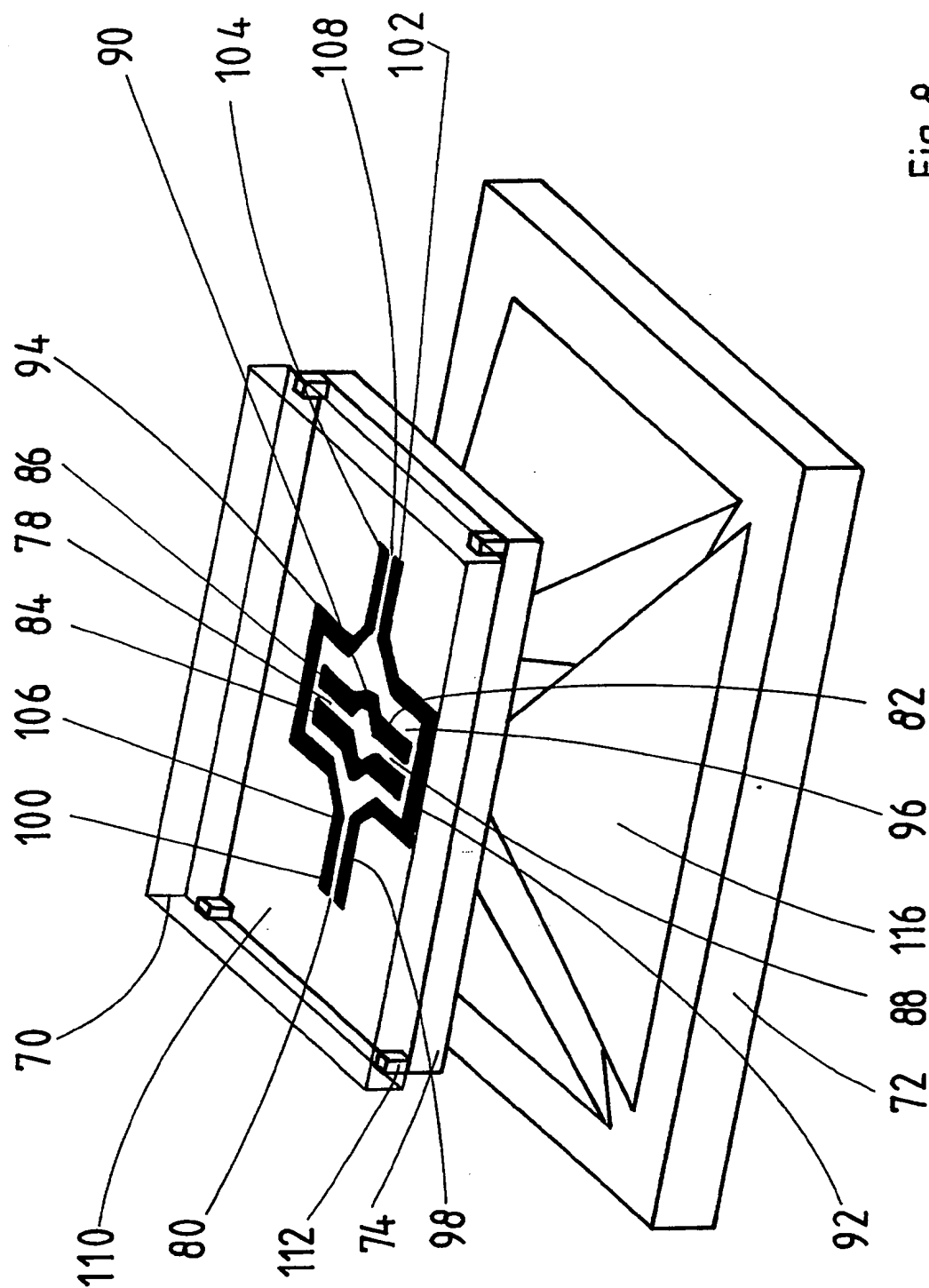


Fig. 8

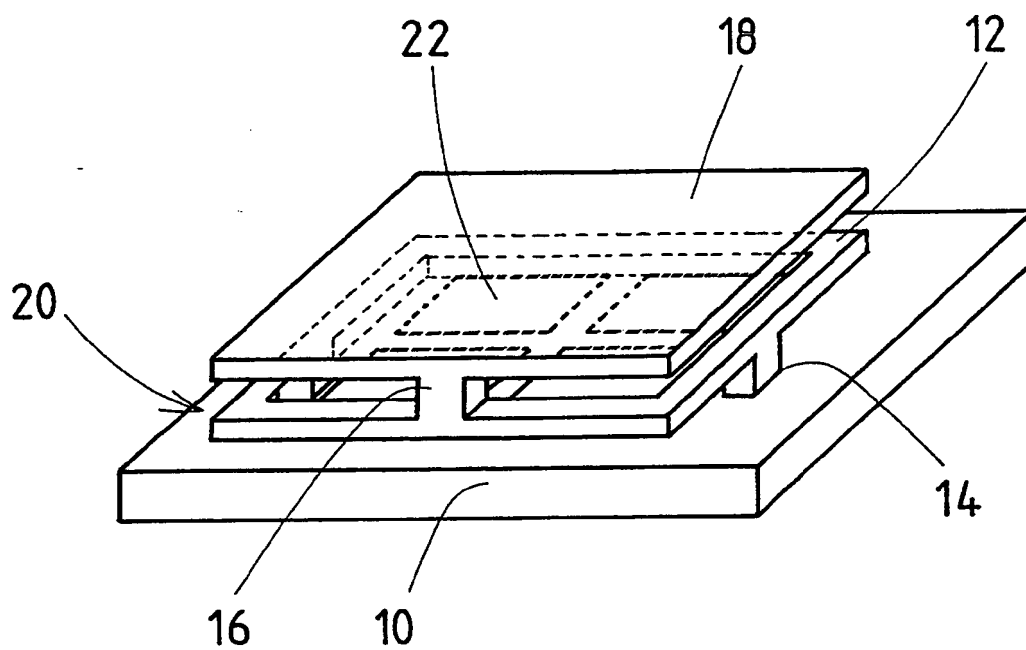


Fig. 1

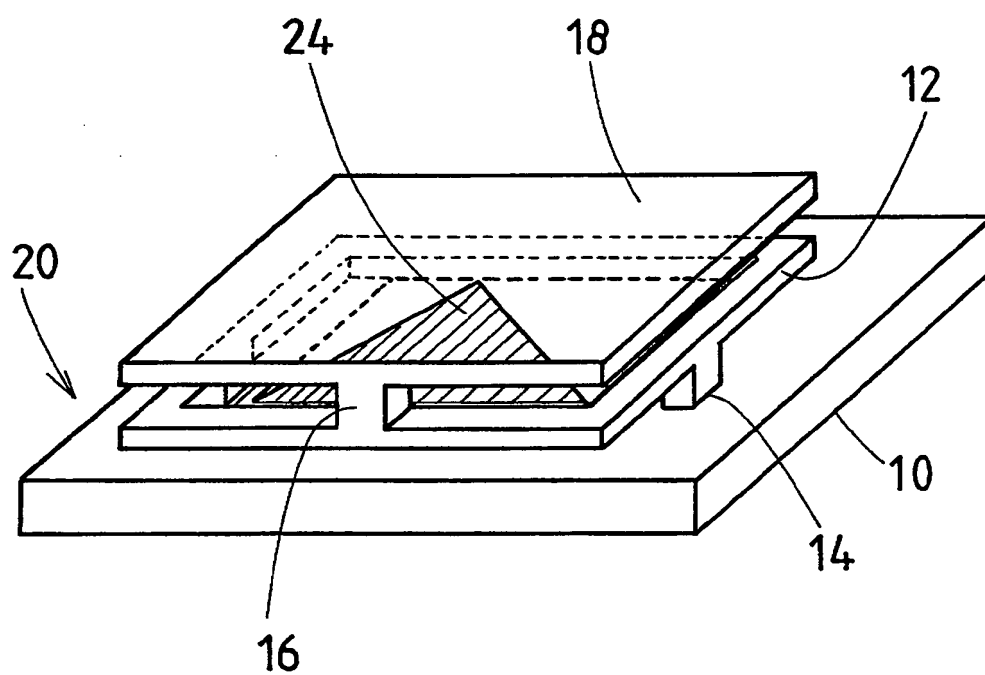


Fig. 2



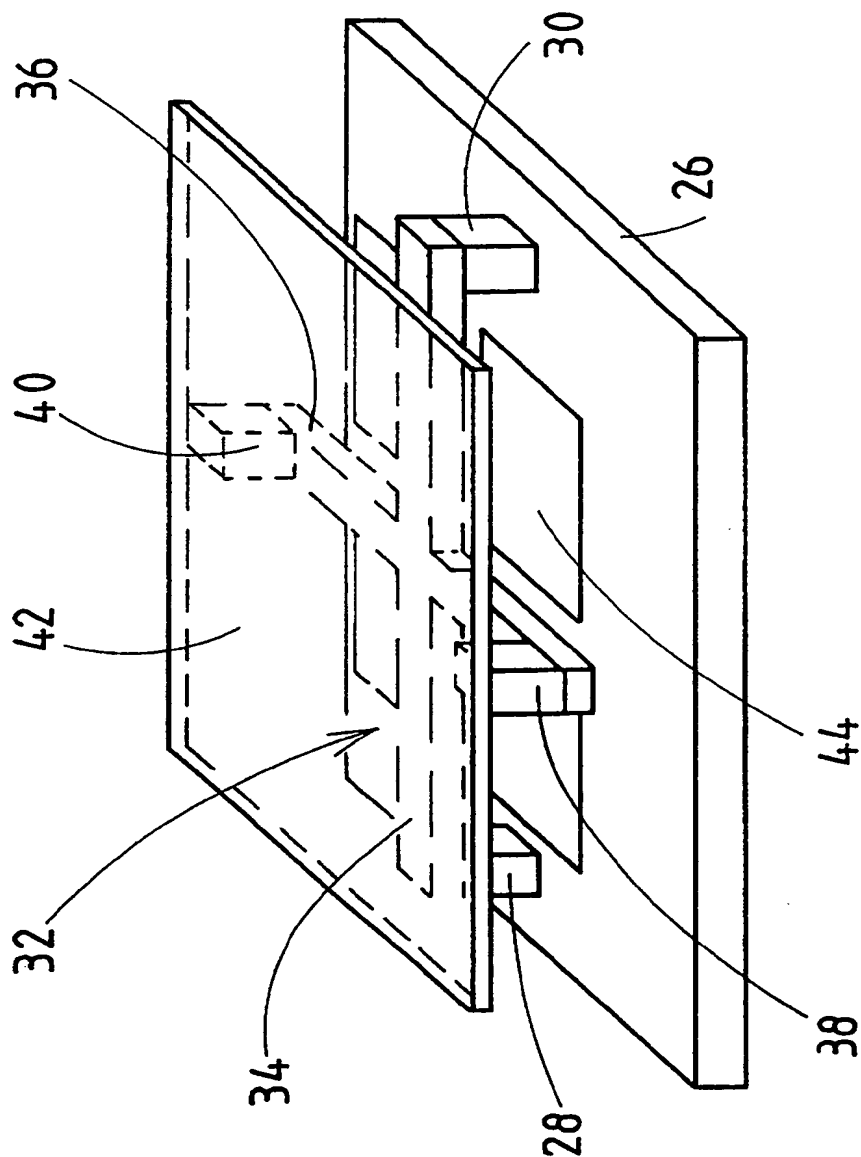


Fig. 3

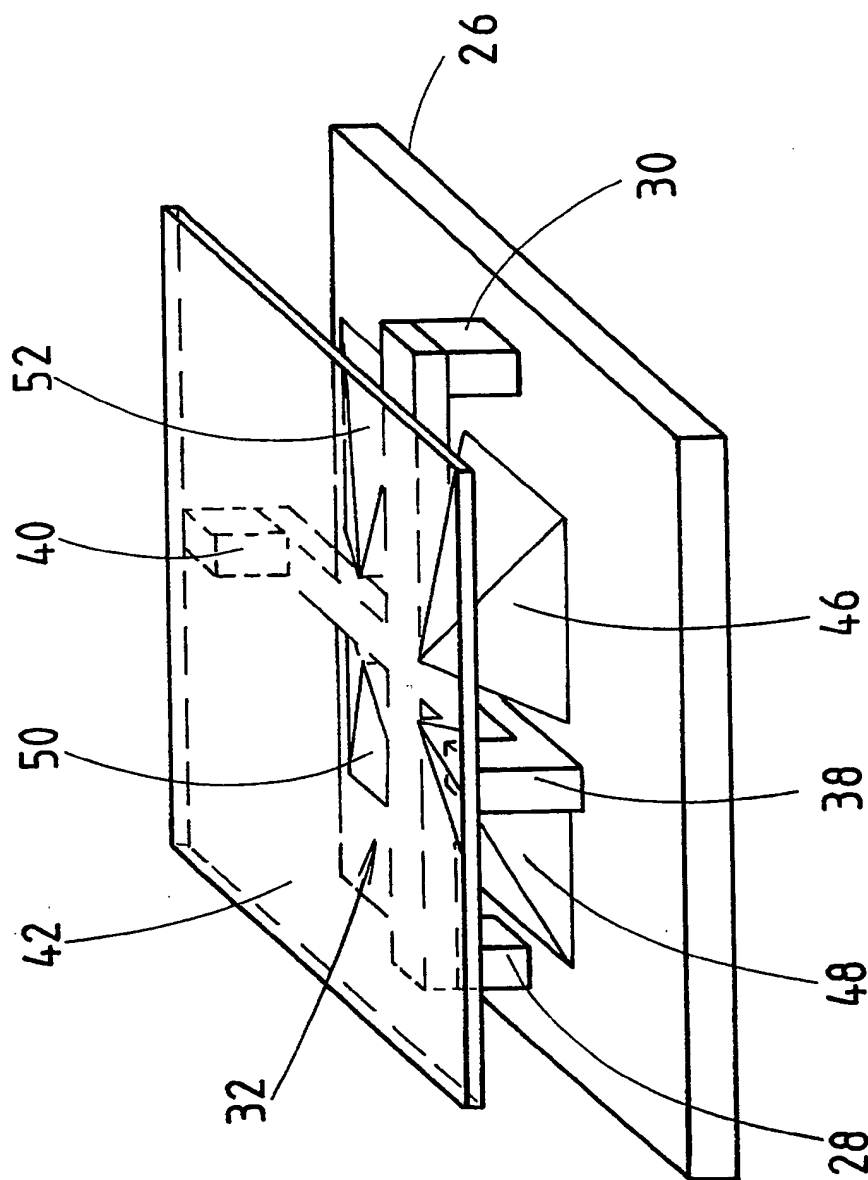


Fig. 4

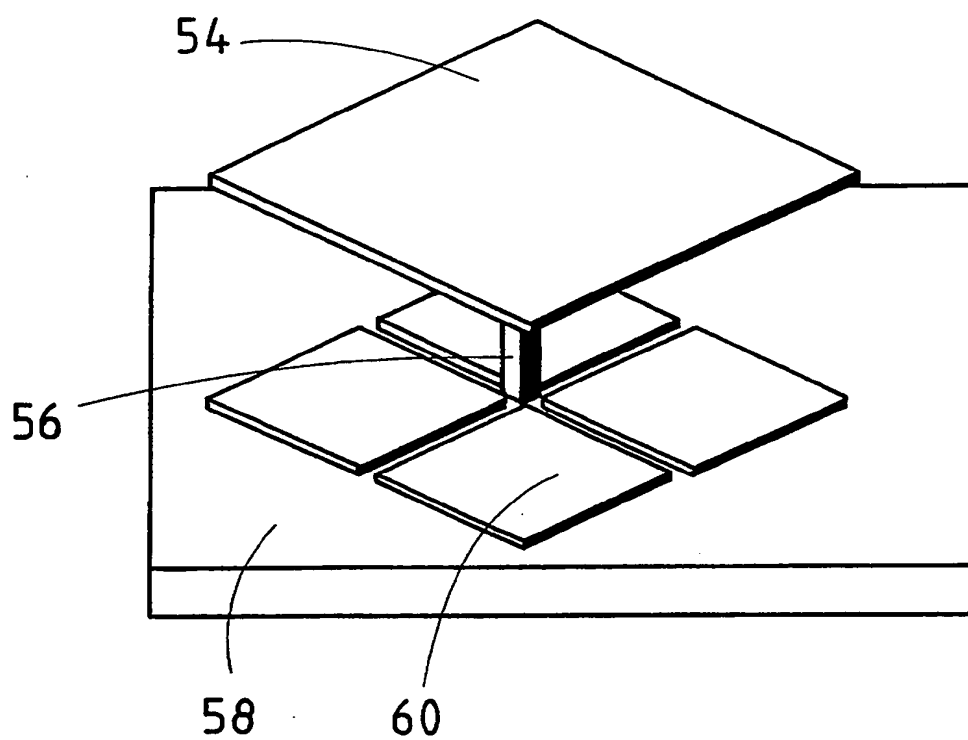


Fig. 5

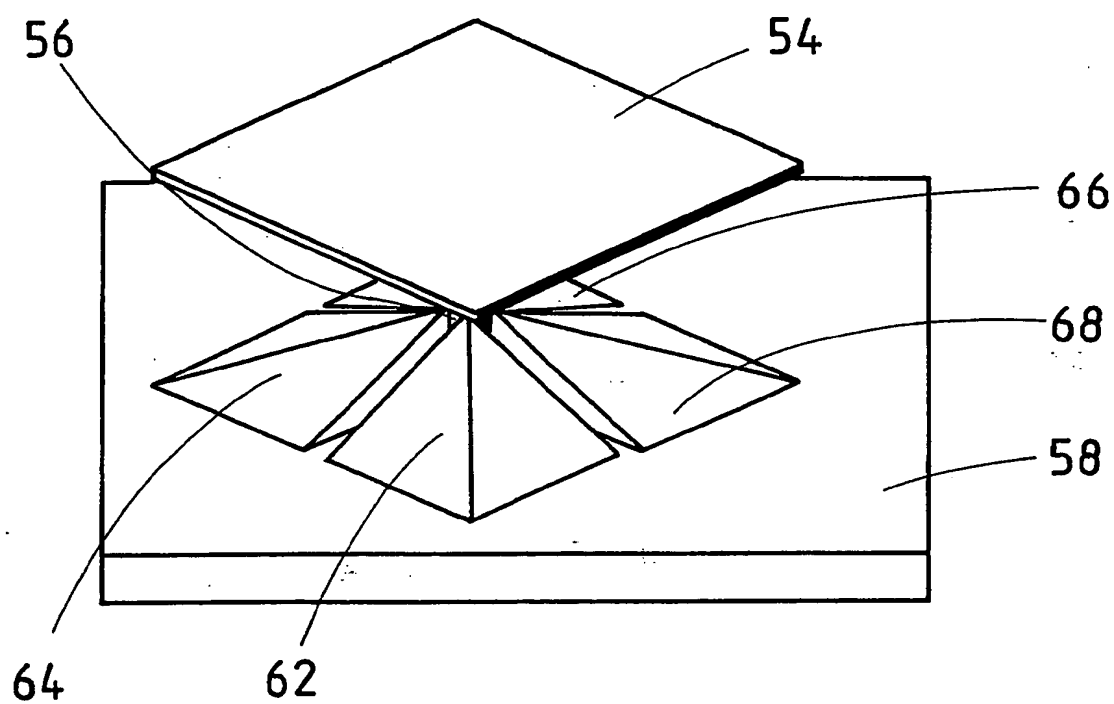


Fig. 6

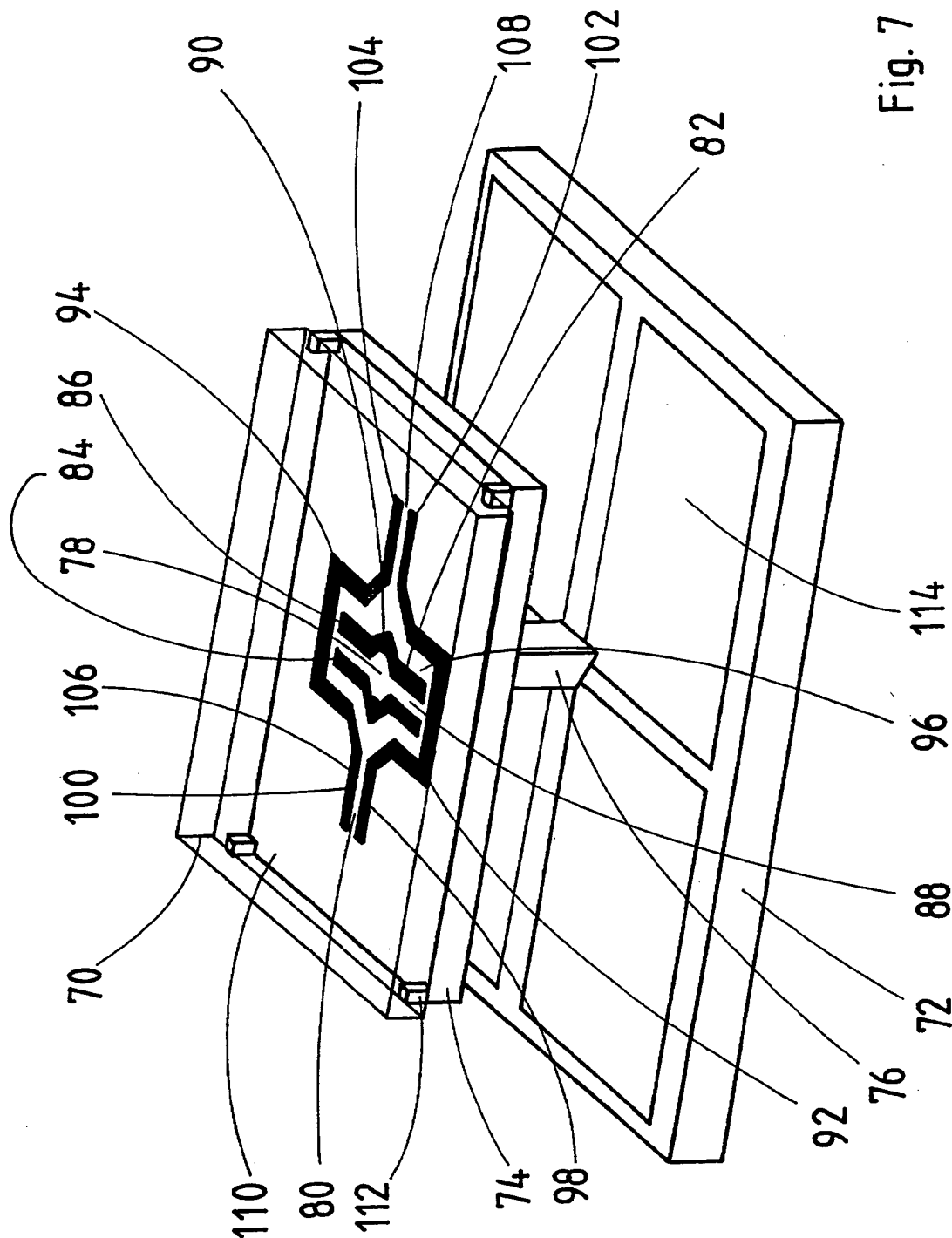


Fig. 7

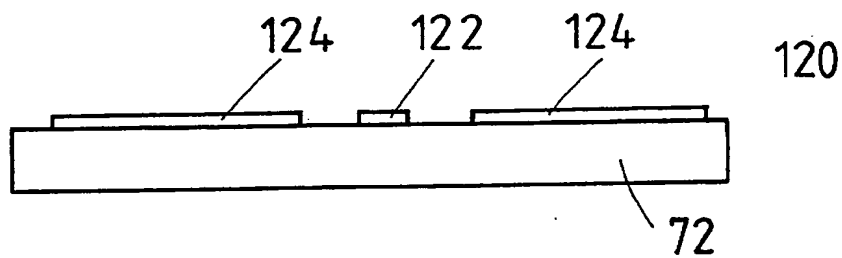


Fig. 9

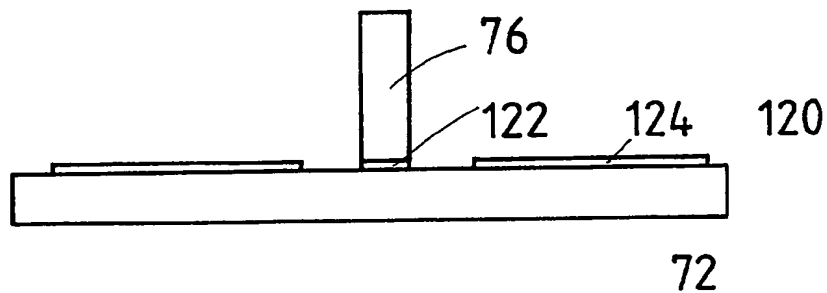


Fig. 10

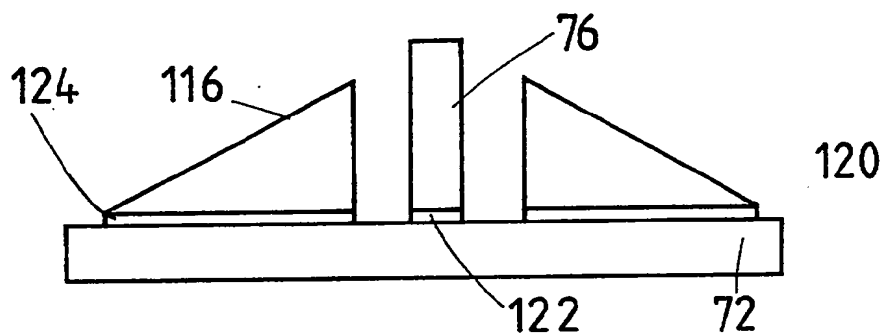


Fig. 11

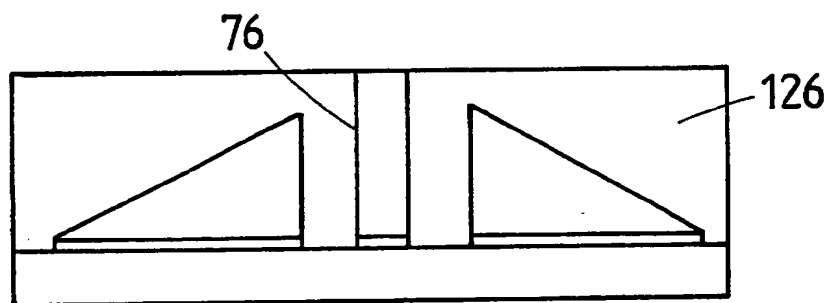


Fig. 12

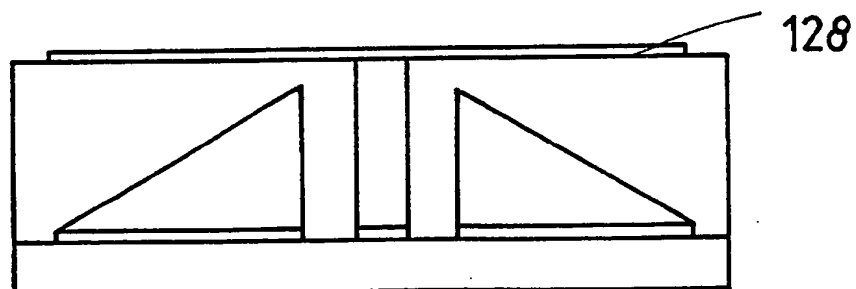


Fig. 13

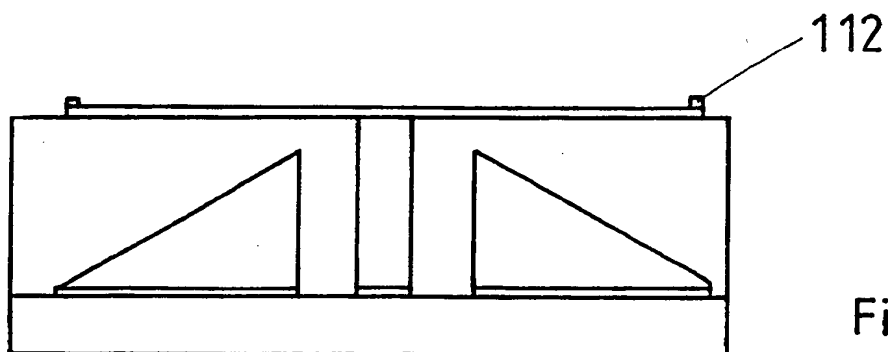


Fig. 14

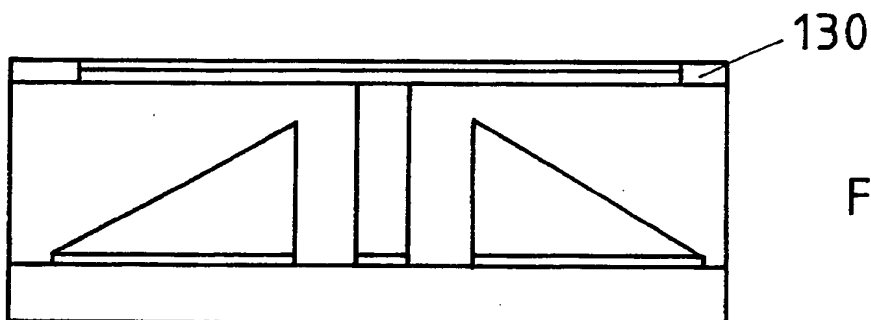


Fig. 15

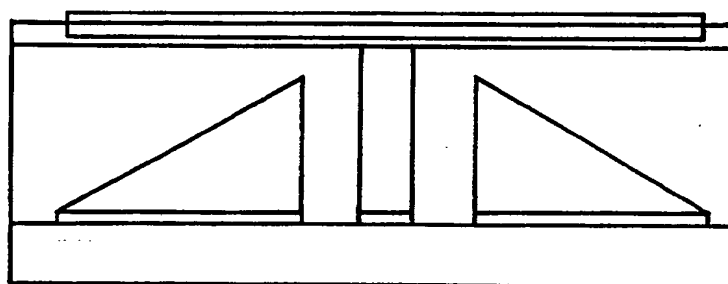


Fig. 16

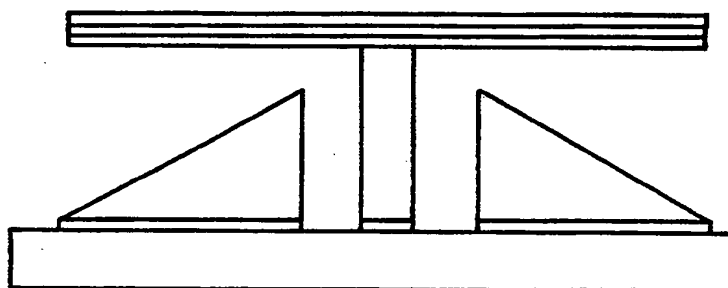


Fig. 17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**